

## เคลือบเซรามิกจากเถ้าชานอ้อย Bagasse ash ceramic glaze

ศันสนีย์ รักไทยเจริญชีพ<sup>1\*</sup>, วราลี บางหลวง<sup>1</sup>, เอมวจิ ปานทอง<sup>1</sup>, วรรรณา ต.แสงจันทร์<sup>1</sup>

Sansanee Rugthaicharoencheep<sup>1\*</sup>, Vararee Bangluang<sup>1</sup>, Emwagee Panthong<sup>1</sup>, Wanna T. Sangchantara<sup>1</sup>

### บทคัดย่อ

เนื่องด้วยปริมาณเถ้าชานอ้อยในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีจำนวนมาก ซึ่งนอกจากนำไปใช้ปรับปรุงดิน แล้ว ยังไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์จากเถ้าชานอ้อยเพื่อผลิตเคลือบเซรามิกโดยใช้วัตถุดิบหลัก 3 ชนิด ได้แก่ เถ้าชานอ้อย ดินดำ และแร่ฟันม้า จากผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (X-ray fluorescence : XRF) พบว่า เถ้าชานอ้อยมีองค์ประกอบหลัก คือ ซิลิกา ร้อยละ 71 อะลูมินา ร้อยละ 9 และ แคลเซียมออกไซด์ ร้อยละ 8 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่วิทยา (X-ray diffraction : XRD) พบเฟสหลักคือ ควอตซ์ กำหนดสูตรเคลือบโดยใช้วิธีแปรส่วนผสมในตารางสามเหลี่ยม (Tri-axial blend) เาที่อุณหภูมิ 1250 องศาเซลเซียส ในการทดลองนี้พบว่า ปริมาณเถ้าชานอ้อยที่เหมาะสมนำไปเคลือบผลิตภัณฑ์ประเภทของใช้ ของประดับตกแต่ง อยู่ระหว่างร้อยละ 35-65 ดินดำร้อยละ 15-50 และแร่ฟันม้าร้อยละ 10-70 เมื่อเติมแคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 10 พบว่าเคลือบสุกตัวได้ดีเคลือบที่ได้มีสีเหลืองถึงน้ำตาลเข้ม ขึ้นอยู่กับปริมาณเถ้าชานอ้อยที่ใช้ หากใช้เถ้าชานอ้อยปริมาณมากเกินไปเคลือบจะเข้มขึ้น เคลือบเซรามิกจากเถ้าชานอ้อยไม่ผ่านการทดสอบการรานโดยใช้หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave) จึงเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทของประดับแต่ไม่เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทของใช้บนโต๊ะอาหาร

### Abstract

Sugar industry produces bagasse ash waste many tons per year. The only ash utilization so far is for soil improvement for sugar cane plantation. The utilization of bagasse ash from sugar manufacture to produce ceramic glaze is studied. The glaze consists of 3 major raw materials: bagasse ash, clay, and feldspar. Chemical analysis by X-ray fluorescence (XRF) indicates that bagasse ash contains 71% SiO<sub>2</sub>, 9% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and 8% CaO as major composition. Phase analysis by X-ray diffraction (XRD) shows quartz as dominant phase. Glaze formulae for 1250 °C firing temperature are determined using tri-axial blend method. In this study the appropriate amount of bagasse ash for grazing on decorative ware is between 35-65%, clay 15-50% and feldspar 10-70%. The addition of 10% CaCO<sub>3</sub> helps in reducing the firing temperature. The glaze colors vary from yellow to dark brown depends on the amount of added ash. If high amount of ash is added, the glaze color becomes dark brown. The bagasse ash glaze can be used on decorative ware but is not suitable for tableware because it does not pass the crazing resistance test using an autoclave.

**คำสำคัญ:** เคลือบเซรามิก เถ้าชานอ้อย

**Keywords:** Ceramic glaze, Bagasse ash

<sup>1</sup> กรมวิทยาศาสตร์บริการ

\*Corresponding author E-mail address : ssansanee@dss.go.th

# 1. บทนำ (Introduction)

เคลือบซีเถ้าคือชั้นของแก้วที่ทำจากวัตถุดิบที่มีซีเถ้าเป็นส่วนประกอบ ฉาบอยู่บนผิวของเครื่องเคลือบดินเผาบางๆ เพื่อให้ความสะอาดง่าย สวยงาม หรือแข็งแรง การค้นพบเคลือบซีเถ้าเป็นพื้นฐานของการพัฒนาเคลือบชนิดอื่นๆในเอเชียตะวันออก เคลือบซีเถ้าเป็นเคลือบที่เตรียมได้ง่าย ใช้วัตถุดิบเพียงสองหรือสามชนิดเป็นส่วนผสมหลัก นิยมใช้ในเครื่องเคลือบดินเผาตั้งแต่มีประเภทของระดับ [1]

ซีเถ้าไม่ใช่อินทรียที่เหลือนอยู่หลังจากการเผาไหม้ไม้ส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ออกไป ไม้ที่กล่าวนั้นหมายถึงไม้พุ่ม หญ้า หรือพืชขนาดเล็ก เช่น ข้าว อ้อย ซีเถ้าไม่มีองค์ประกอบทางเคมีที่ค่อนข้างซับซ้อนและหลากหลาย มีส่วนประกอบที่ละลายน้ำได้และละลายน้ำไม่ได้ มีส่วนประกอบของสารเชิงกรดและต่างปนกันอยู่ ซึ่งได้จากการที่พืชดูดธาตุจากดินนำไปใช้และสะสม ณ ส่วนต่างๆของต้นซึ่งได้แก่ โปแตสเซียม โซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ ซิลิกอน เหล็ก คอปเปอร์ แมงกานีส อลูมิเนียม โดยเฉพาะการที่มีปริมาณของแคลเซียมและแมกนีเซียมค่อนข้างสูงทำให้ซีเถ้าไม่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำเครื่องเคลือบดินเผาได้ [2]

ถ้าชานอ้อยเป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำตาลที่ได้จากการเผาชานอ้อยเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงงาน โดยในปีการผลิต 2553-2554 มีการปลูกอ้อยทั้งสิ้นประมาณ 8.4 ล้านไร่กระจายอยู่เกือบทั่วทุกภูมิภาคของประเทศโดยมีมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง คิดเป็นปริมาณอ้อยประมาณ 95.4 ล้านตัน [3] ได้ถ้าชานอ้อยหลังจากการเผาเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าประมาณ 596,000 ตันต่อปี [4] โดยถ้าชานอ้อยจะถูกดักจับด้วยระบบน้ำที่ติดตั้งไว้เหนือปล่อง แล้วจึงนำมาตกตะกอนในบ่อพัก แล้วตกตะกอนขึ้นมาบิบน้ำออกและผึ่งไว้ จึงต้องใช้พื้นที่ในการจัดตั้งเป็นบริเวณกว้าง โดยถ้าชานอ้อยดังกล่าวนำมาใช้เพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณที่ได้ ซึ่งเมื่อนำถ้าชานอ้อยมาวิเคราะห์พบว่าองค์ประกอบทางเคมีเหมาะสมสำหรับใช้เป็นวัสดุทำเคลือบเซรามิก เนื่องจากมีปริมาณซิลิกาอยู่มากสามารถใช้แทนฟลินต์ หรือควอตซ์ (Quartz) ได้ [5] ข้อดีของการนำถ้าชานอ้อยมาใช้งานอีกประการหนึ่งคือ มีโลหะและโลหะออกไซด์มาก เช่น ซิลิกา เหล็ก โปแตสเซียม แคลเซียม ซึ่งจะช่วยลดการใช้สารเคมีลงได้ การใช้งานถ้าชานอ้อยในปัจจุบันส่วนใหญ่ก็นำไปเป็นมวลรวม ในส่วนผสมในคอนกรีต [6-8] อย่างไรก็ตาม เคลือบซีเถ้าเป็นเคลือบที่เตรียมได้ง่าย ใช้วัตถุดิบเพียงสองหรือสามชนิดเป็นส่วนผสมหลัก และเคลือบที่ได้มีความหลากหลายแตกต่างจากเคลือบที่เตรียมจากหินปูนหรือแร่ชนิดอื่น มีสีแตกต่างเฉพาะตัว ขึ้นอยู่กับปริมาณโลหะออกไซด์ที่ผสมในเคลือบและวิธีการเผา เช่น สีเหลืองอ่อน เหลืองเข้ม สีส้ม สีเทาอมฟ้า สีเขียวอมฟ้า สีน้ำตาล เป็นเคลือบที่นิยมใช้ในเครื่องเคลือบดินเผาตั้งแต่มีประเภทของระดับ เช่น แจกกัน ถ้วยชา กระเบื้อง เทอรากอตตา ภาชนะใส่น้ำ เป็นต้น

ศุภกา ปาลเปรม [9] เขียนบทความเกี่ยวกับเคลือบเซลาดอน (Celadon) ซึ่งเป็นเคลือบที่ผลิตขึ้นเป็นครั้งแรกในประเทศจีน สมัย

ราชวงศ์ถัง ที่ชาวจีนโบราณใช้ภูมิปัญญาผลิตขึ้นจากซีเถ้าไม้ ดินและแร่ฟันม้า เนื่องจากซีเถ้ามีสมบัติเป็นด่างจึงทำให้เคลือบหลอมละลายได้ดี เคลือบที่ได้มีสีเขียวอมฟ้า เขียวอมเทา จากนั้นจึงได้พัฒนาการทำให้เคลือบเซลาดอนเรื่อยมาจนดีขึ้นเป็นลำดับ โดยเฉพาะเซลาดอนที่ผลิตจากเตาลงฉวน มณฑลซีเกียง ใช้เนื้อดินละเอียด สีขาวที่ช่วยเพิ่มความสดใสของเคลือบให้ดูกระจ่าง และมีความลึก ภาชนะที่ผลิตได้ มีลักษณะเนื้อแกร่งสีฟ้าอมเทา ผิวเคลือบมีลักษณะนุ่ม เรียบเนียน คล้ายผิวของหยก การตกแต่งมีทั้งการแกะสลักลาย การปั้นนูน และการกด ลวดลายในแบบพิมพ์แล้วนำมาติดบนภาชนะ ผู้แต่งได้พัฒนาสูตรเคลือบเซลาดอนจากถ้าเถ้า ไม้ เช่น ถ้าเถ้าเนื้ออ่อน ถ้าเถ้าก้อ ถ้าเถ้าอย่างพารา ถ้าเถ้าเบญจพรรณผสมกับดินผิวนา ดินเหนียวสุราษฎร์ หินปูน แร่ฟันม้า ถ้าเปลือกหอย และสารอินทรีย์ที่เป็นออกไซด์อื่นๆ เช่น คอปเปอร์ออกไซด์ ซิงค์ออกไซด์ เผาในบรรยากาศรีดักชัน

ภาณุเทพ สุวรรณรัตน์ และคณะ [10] ได้ทดลองเคลือบซีเถ้าจากถ้าเถ้าไม้มะม่วง แร่ฟันม้า และดินเหนียวท้องถิ่น นำไปเคลือบผลิตภัณฑ์ดินเผาชนิดสโตนแวร์ ผลที่ได้ เคลือบที่มีส่วนผสมของแร่ฟันม้าและซีเถ้าไม้มะม่วงสูงตั้งแต่ร้อยละ 20-80 พบว่าเคลือบมีความมันวาว ทั้งการเผาแบบออกซิเดชันและรีดักชัน เคลือบที่มีส่วนผสมของดินเหนียวท้องถิ่นสูงตั้งแต่ร้อยละ 50-80 พบว่าเคลือบที่ได้มีลักษณะกึ่งมันกึ่งด้าน สีที่เกิดขึ้นในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน มีโทนสีครีม สีเหลืองอ่อน สีน้ำตาลอ่อนถึงสีน้ำตาลเข้ม และในการเผาแบบบรรยากาศรีดักชัน เคลือบมีโทนสีเขียวอมฟ้า สีเขียว สีเขียวขี้ม้า สีน้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลเข้ม

สนิท ปันสกุล [11] ศึกษาการใช้ซีเถ้ากลบเป็นวัสดุแทนควอตซ์ในกระบวนการผลิตเซรามิก โดยศึกษาสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นชนิดสโตนแวร์ และพัฒนาเคลือบที่ใช้กับเนื้อดินดังกล่าว โดยมีวัตถุดิบคือ หินปูนร้อยละ 30 ดินดำแม่ทานร้อยละ 30 แร่ฟันม้าร้อยละ 20 และซีเถ้ากลบร้อยละ 30 ทดลองเผาที่อุณหภูมิ 1250 องศาเซลเซียส บรรยากาศรีดักชัน เคลือบสุกตัวสมบูรณ์ ผิวมันแวววาว ผิวเคลือบรานและใส เมื่อผสมแบบเตรียมคาร์บอนตร้อยละ 8 ตีบุกออกไซด์ร้อยละ 3 ถ้ากระดูกร้อยละ 4 ทองแดงออกไซด์ร้อยละ 1 เคลือบบนผลิตภัณฑ์ พบว่าเคลือบมีสีแดงปนชมพู

Issenberg, M. [12] ใช้ดินเหนียว ผสมกับถ้าเถ้า ไม้ และสารอินทรีย์อื่นๆทำให้เกิดสี เช่น โคบอลต์ คอปเปอร์ ใช้เทคนิคการสเปรย์เคลือบบนพื้นผิวผลิตภัณฑ์ พบว่า ชนิดของดินส่งผลต่อความแตกต่างของลักษณะเคลือบมากกว่าชนิดของไม้ที่ใช้ทำถ้าเถ้า และพบว่า เทคนิคการสเปรย์สามารถใช้ตกแต่งเคลือบบนผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์จากถ้าชานอ้อยในอุตสาหกรรมน้ำตาลเพื่อผลิตเคลือบเซรามิกโดยใช้วัตถุดิบหลัก 3 ชนิด ได้แก่ ถ้าชานอ้อย ดินดำ และแร่ฟันม้า ทั้งนี้เพื่อเพิ่มทางเลือกในการสร้างรายได้ให้กับชุมชน ที่อาศัยอยู่ใกล้เคียงกับโรงงานน้ำตาลหรือชาวไร่อ้อยนอกฤดูกาลที่บอ้อย ทั้งยังเพิ่มมูลค่าของเหลือทิ้งและใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า

## 2. วิธีการวิจัย (Experimental)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการนำเถ้าขานอ้อยมาผลิตเคลือบเซรามิกและใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ ชุดสปา ชุดเครื่องใช้ในห้องน้ำ และภาชนะบนโต๊ะอาหาร โดยได้รับความอนุเคราะห์เถ้าขานอ้อยจากบริษัท เกษตรไทยอินเตอร์เนชั่นแนล ซูการ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) อ.ตาคลี จ.นครสวรรค์ นำเถ้าขานอ้อยมาคัดขนาดโดยร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช ดำเนินการ วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วย X-ray fluorescence (XRF) (Bruker S8 Tiger ประเทศเยอรมัน) และองค์ประกอบทางแร่ธาตุด้วย X-ray diffraction (XRD) (Bruker D8 Advance ประเทศเยอรมัน) ของวัตถุดิบ ได้แก่ เถ้าขานอ้อย แร่ฟันม้า (บริษัท อินดัสเตรียล มินเนอรัล ดีวิลอปเม้นท์ จำกัด เกรตอุตสาหกรรม) และดินตําลานสกา (บริษัท อินดัสเตรียล มินเนอรัล ดีวิลอปเม้นท์ จำกัด)

ทดลองนำวัตถุดิบมาแปรสูตรเคลือบเซรามิก ใช้วิธีแปรส่วนผสมในตารางสามเหลี่ยม (Tri-axial blend) โดยนำอัตราส่วนของสารที่คำนวณได้แต่ละสูตรในตาราง มาชั่งและบดผสมสารในอัตราส่วนน้ำ 1 กรัม ต่อของแข็ง 1 กรัม ในเครื่องบด Hi speed ยี่ห้อ Retsch รุ่น S8 Tiger อัตราเร็ว 4,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 นาที นำน้ำเคลือบมาชุบเคลือบบนแผ่นทดสอบเนื้อดินสโตนแวร์ (บริษัท คอมพาวเคิล จำกัด ชนิด PBB) ขนาด 4\*5\*0.7 cm<sup>3</sup> ที่ผ่านการเผาที่ 800 °C จับเวลาในการชุบเคลือบ 10 วินาที เมาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,250 °C อัตราในการให้ความร้อน 2.5 °C/นาที ยืนไฟ 30 นาที ทดสอบเคลือบที่ได้ด้วยการตรวจพินิจ

คัดเลือกสูตรเคลือบ นำมาทดลองเติมแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO<sub>3</sub>) ร้อยละ 10 เพื่อทดลองลดจุดสุกตัวของเคลือบ นำเคลือบที่ได้ มาตรวจสอบรอยร้าว โดยการแช่ขึ้นทดสอบในสารละลาย Methylene Blue เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำขึ้นมาแช่และสังเกตการร้าว และคัดเลือกตัวอย่างที่ไม่พบรอยร้าวมาทดสอบสมบัติการร้าวโดยใช้หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave) เพื่อศึกษาสูตรเคลือบที่เหมาะสมต่อการใช้งาน เช่นกับเครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร โดยนำขึ้นทดสอบใส่ในเครื่อง autoclave เติมน้ำถึงระดับแล้วปิดฝาเครื่องให้สนิท ทดสอบแรงดันไอน้ำที่ 50 100 150 และ 200 psi หรือที่ความดัน 0.34, 0.69, 1.03, 1.38 MPa ตามลำดับ (1 MPa = 145 psi) และคงระดับความดันที่ต้องการเป็นเวลา 1 ชั่วโมง รอให้ความดันลดลงตามธรรมชาติแล้วจึงนำออกจากเครื่อง นำขึ้นทดสอบแช่ในสารละลาย Methylene Blue เป็นเวลา 1 ชั่วโมงนำขึ้นมาแช่ให้แห้ง เพื่อตรวจสอบร่องรอยการร้าว Methylene Blue จะช่วยให้เห็นร่องรอยการร้าวที่ชัดเจนขึ้น

## 3. ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

### 3.1 การทดสอบวัตถุดิบและเคลือบเถ้าขานอ้อย

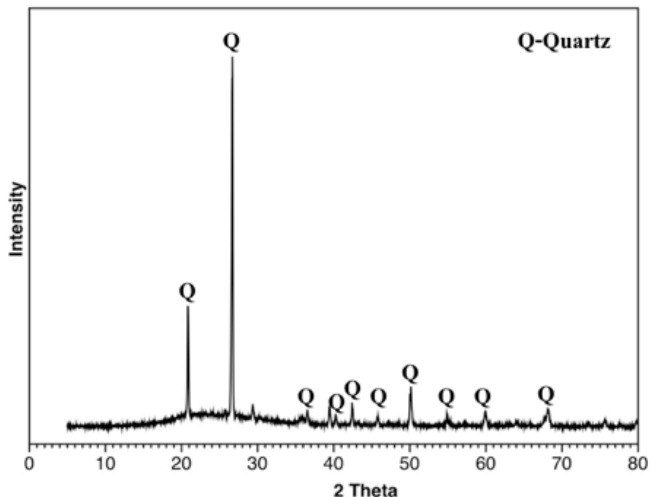
วัตถุดิบหลักที่ใช้ในเคลือบ คือ เถ้าขานอ้อย ดินตําลานสกา และแร่ฟันม้า การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบด้วยเทคนิค XRF และองค์ประกอบทางแร่ธาตุด้วยเทคนิค XRD พบว่า

เถ้าขานอ้อยมีซิลิกา ร้อยละ 71.12 อะลูมินา แคลเซียมออกไซด์ และเหล็กออกไซด์ ร้อยละ 8.96 7.81 และ 4.72 ตามลำดับ ดินตําลานสกา มีซิลิกา ร้อยละ 58.42 อะลูมินา ร้อยละ 26.04 และร่องลงมาคือ เหล็กออกไซด์ร้อยละ 1.72 ส่วนแร่ฟันม้า มีซิลิกา ร้อยละ 76.23 อะลูมินา ร้อยละ 11.72 และโปแตสเซียมออกไซด์และโซเดียมออกไซด์ ร้อยละ 4.85 และ 4.69 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

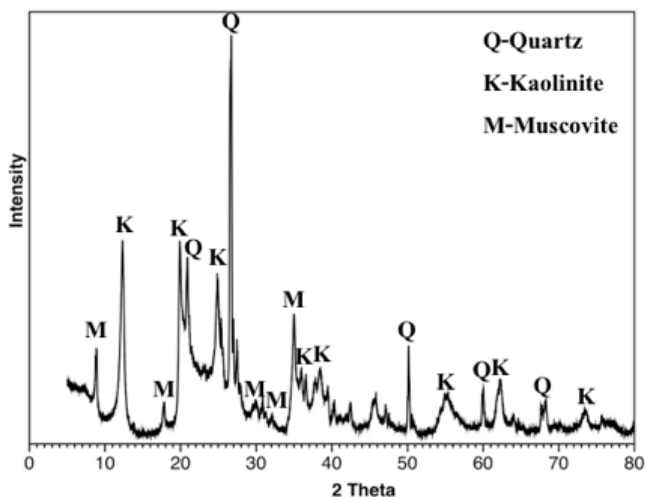
ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเถ้าขานอ้อย ดินตําลานสกาและแร่ฟันม้า

องค์ประกอบทางเคมี	เถ้าขานอ้อย	ดินตําลานสกา	แร่ฟันม้า
SiO <sub>2</sub>	71.12	58.42	76.23
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.96	26.04	11.72
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.72	1.72	0.42
CaO	7.81	0.30	1.70
Na <sub>2</sub> O	0.42	0.12	4.69
CuO	1.54	-	-
MgO	1.54	0.14	0.21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.03	-	-
TiO <sub>2</sub>	0.65	0.35	0.16
MnO	0.26	0.02	-
K <sub>2</sub> O	-	-	4.85
TiO <sub>2</sub>	-	-	0.16

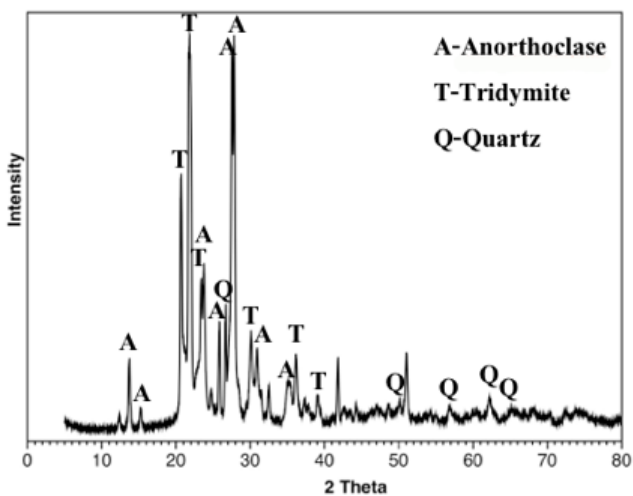
ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่ธาตุของวัตถุดิบด้วยเทคนิค XRD ของเถ้าขานอ้อย (รูปที่ 1) ดินตําลานสกา (รูปที่ 2) และแร่ฟันม้า (รูปที่ 3) เฟสที่เป็นองค์ประกอบหลักของเถ้าขานอ้อยคือ Quartz (SiO<sub>2</sub>) องค์ประกอบหลักของดินตําลานสกา คือ Quartz (SiO<sub>2</sub>) Kaolinite (Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(OH)<sub>4</sub>) และ Muscovite (H<sub>2</sub>KAl<sub>3</sub>(Si<sub>3</sub>O<sub>8</sub>)<sub>3</sub>) องค์ประกอบหลักของแร่ฟันม้า คือ Anorthoclase (Na<sub>0.71</sub>K<sub>0.29</sub>AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) Tridymite (SiO<sub>2</sub>) และ Quartz (SiO<sub>2</sub>)



รูปที่ 1 องค์ประกอบทางแร่วิทยาของเถ้าขานอ้อย

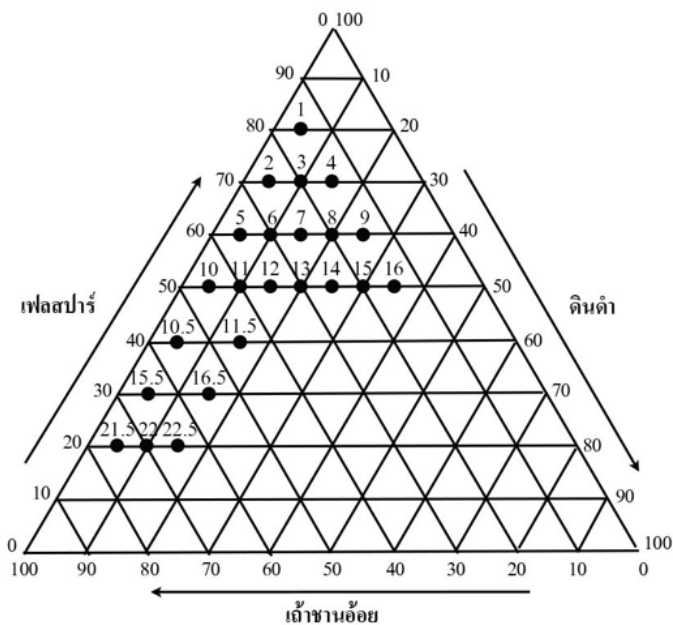


รูปที่ 2 องค์ประกอบทางแร่วิทยาของดินดำนานสกา



รูปที่ 3 องค์ประกอบทางแร่วิทยาของแร่ฟีนมา

ผลการทดลองตรวจพินิจสูตรเคลือบตามตารางสามเหลี่ยม ดังรูปที่ 4 หลังเผาที่อุณหภูมิ 1250 °C พบว่า ทุกสูตรให้เคลือบสี น้ำตาลเข้ม โดยสูตรที่มีปริมาณเถ้าขานอ้อยร้อยละ 45 ขึ้นไป ทำให้ ทนไฟมากขึ้น จะได้เคลือบด้าน แต่เมื่อผสมแร่ฟีนมาเพิ่มมากกว่าร้อยละ 35 ในสูตรที่มีเถ้าขานอ้อยระหว่างร้อยละ 45-65 เคลือบมีลักษณะ มันมากขึ้น เนื่องจากแร่ฟีนมาเป็น flux



รูปที่ 4 ตารางสามเหลี่ยม โดยใช้วัตถุดิบ 3 ชนิด

เพื่อลดจุดสุกตัวของเคลือบ ผู้วิจัยจึงทดลองเติมแคลเซียมคาร์บอเนต ( $\text{CaCO}_3$ ) ลงไปในสูตรเคลือบร้อยละ 10 ผลการทดลองพบว่าสามารถลดจุดสุกตัวของเคลือบได้ โดยเคลือบมีลักษณะมันวาวเพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่า สูตรที่เติม  $\text{CaCO}_3$  สีเคลือบเปลี่ยนจากสีน้ำตาลเข้มเป็นสีเหลือง ตารางที่ 2 แสดงสูตรเคลือบที่คัดเลือกเพื่อทดสอบการรานตัวโดยกำหนดให้ใช้ปริมาณเถ้าขานอ้อย ระหว่างร้อยละ 15 - 65 ทั้งนี้งานวิจัยนี้ไม่เลือกใช้เถ้าขานอ้อยมากกว่าร้อยละ 65 เนื่องจากมีความทนไฟมาก ลักษณะของเคลือบหลังเผาแสดงในรูปที่ 5

ตารางที่ 2 แสดงสูตรเคลือบที่จะนำไปทดสอบการรานตัว

ชื่อสูตร	เถ้าขานอ้อย (%)	แร่ฟีนมา (%)	ดินดำลานสกา (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)
A1	15	80	5	-
AC4	15	70	15	10
AC5	35	60	5	10
C1	35	60	5	-
CC55	40	10	50	10
CC54	45	10	45	10
CC31	55	25	20	10
CC36	65	20	15	10
CC43	65	25	20	10
CC50	65	10	25	10

ผลตรวจสอบรอยรานของเคลือบ โดยการแช่ขึ้นทดสอบใน Methylene Blue พบว่า สูตรที่ไม่พบรอยราน ได้แก่ AC4 AC5 C1 CC55 CC54 CC31 CC43 CC50 จึงนำมาทดสอบสมบัติการรานโดยใช้เครื่อง autoclave พบว่า เมื่อทดสอบที่ความดัน 200 psi เคลือบทุกสูตรเกิดการรานตัว



รูปที่ 5 ลักษณะของเคลือบหลังเผาที่ 1250°C

### 3.2 การทดลองเคลือบเถ้าขานอ้อยบนผลิตภัณฑ์

ผู้วิจัยได้ทดลองออกแบบชุดผลิตภัณฑ์โดยใช้ลักษณะข้ออ้อยเป็นแรงบันดาลใจ มีผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบทั้งสิ้น 3 ชุด ได้แก่ ชุดเครื่องใช้ในห้องน้ำ (ขวดแชมพู ครีมนวดผม โลชั่น และสบู่ล้างมือ) และชุดสปา (เดาน้ำมันหอม เชิงเทียน ที่วางกำยาน และที่วางลูกประคบ) เพื่อให้สอดคล้องกับธุรกิจโรงแรม ท่องเที่ยวและสปา ตารางที่ 3 แสดงส่วนผสมของสูตรเคลือบที่คัดเลือกมาทำผลิตภัณฑ์ชุดเครื่องใช้ในห้องน้ำและชุดสปา รูปที่ 6 และ รูปที่ 7 แสดงผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ในห้องน้ำและชุดสปา ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ส่วนผสมของสูตรเคลือบที่คัดเลือกมาทำผลิตภัณฑ์ชุดเครื่องใช้ในห้องน้ำและชุดสปา

สูตร	เถ้าขานอ้อย (%)	แร่ฟีนมา (%)	ดินดำลานสกา (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)
C29	65	25	10	-
C32	50	25	25	-
CC54	45	10	45	10



รูปที่ 6 ผลิตภัณฑ์ชุดเครื่องใช้ในห้องน้ำ



รูปที่ 7 ผลิตภัณฑ์ชุดสปา

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางแร่วิทยาพบว่า แก้วชานอ้อย มีองค์ประกอบหลัก คือ ควอตซ์ ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่พบว่าในแก้วชานอ้อยมีซิลิกาถึงร้อยละ 71.12 และมีอะลูมินาถึงร้อยละ 8.96 เมื่อนำส่วนผสมมาทดลองเคลือบ พบว่าเคลือบทุกสูตรให้สีน้ำตาลเข้ม เนื่องจากแก้วชานอ้อยที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีเหล็กออกไซด์เป็นองค์ประกอบถึงร้อยละ 4.72 โดยสูตรที่มีปริมาณแก้วชานอ้อยร้อยละ 45 ขึ้นไป จะให้เคลือบด้าน แต่เมื่อผสมแร่ฟอสฟอรัสมากกว่าร้อยละ 35 ในสูตรที่มีแก้วชานอ้อยระหว่างร้อยละ 45-65 เคลือบมีลักษณะมันมากขึ้น เนื่องจากแร่ฟอสฟอรัสมีสมบัติเป็นต่างหน้าที่เป็นตัวช่วยหลอม (flux) ในเคลือบ เคลือบหลอมได้ดีขึ้น เกิดเฟสแก้วมากขึ้น ทำให้เคลือบมีผิวเรียบ มีความมันวาวมากขึ้นโดย

เฉพาะสูตรที่มีแร่ฟอสฟอรัสตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป ในทางตรงกันข้าม ส่วนผสมที่มีดินดำระหว่างร้อยละ 50-80 จะทำให้เคลือบด้านหรือไม่หลอมเนื่องจากในดินดำมีปริมาณอะลูมินาสูง มีสมบัติทนไฟ หากอุณหภูมิที่เผาไม่ถึงจุดหลอมตัวจะทำให้เคลือบไม่หลอม มีลักษณะคล้ายเคลือบด้าน ถึงแม้ว่าในแก้วชานอ้อยจะมีปริมาณแคลเซียมออกไซด์ซึ่งเป็นตัวช่วยหลอมอยู่ถึงร้อยละ 7.81 แต่ก็ยังไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดเคลือบหลอมนั่นเอง

เมื่อทดลองเติมแคลเซียมออกไซด์ ( $\text{CaCO}_3$ ) ที่ร้อยละ 10 พบว่าเคลือบมีความมันวาวมากขึ้น แสดงถึงการมีเฟสแก้ว (glassy phase) เพิ่มมากขึ้น เคลือบเปลี่ยนจากสีน้ำตาลเข้มเป็นเหลืองอมน้ำตาลจากการหักเหของแสงดีขึ้น [13]

จากการทดสอบการรานตัวด้วยเครื่อง Autoclave ที่ความดัน 50 100 150 200 psi ตามลำดับ พบว่าเคลือบสูตร AC4 C1 CC43 CC50 เกิดการรานตัวที่ความดัน 50 psi เคลือบสูตร AC5 CC31 เกิดการรานตัวที่ความดัน 100 psi ส่วนที่ความดัน 150 psi พบร่องรอยการรานตัวของเคลือบสูตร CC55 CC54 ไม่ชัดเจนจึงทำการนำเข้าเครื่องทดสอบที่ความดัน 200 psi พบว่าเห็นร่องรอยการรานตัวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการรานตัวเกิดจากสัมประสิทธิ์การขยายตัวของเคลือบกว่าเนื้อดิน เมื่อเย็นตัวจึงหดตัวมากกว่าจึงเกิดการรานขึ้น

เคลือบรานเหมาะกับการนำไปเคลือบผลิตภัณฑ์ประเภทของประดับตกแต่งเพื่อความสวยงาม เช่น แจกัน โถง ของใช้ของที่ระลึก แต่ไม่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่เน้นประโยชน์ใช้สอยหรือภาชนะใส่อาหาร เช่น จาน ชาม แก้วกาแฟ เนื่องจากอาจมีเชื้อรา เชื้อแบคทีเรียแทรกในรอยรานทำให้อาหารบูดเน่าเสียได้ง่าย

#### 4. สรุป (Conclusion)

เคลือบซีแก้วชานอ้อย มีซิลิกาและอะลูมินา เป็นองค์ประกอบหลัก ทำให้เคลือบทนไฟ สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการทำเคลือบเซรามิกได้ โดยผสมกับแร่ฟอสฟอรัสและดินดำ สัดส่วนซีแก้วชานอ้อยที่สามารถนำมาทำเคลือบได้ดี คือระหว่างร้อยละ 35-65 ดินดำร้อยละ 15-50 และแร่ฟอสฟอรัสร้อยละ 10-70 เคลือบสามารถสุกตัวได้ที่อุณหภูมิ 1250 องศาเซลเซียส เคลือบที่ได้มีลักษณะด้าน หากต้องการเคลือบมันหรือกึ่งมันกึ่งด้าน สามารถเติม  $\text{CaCO}_3$  ร้อยละ 10 เคลือบส่วนใหญ่ที่ได้มีสีเหลืองถึงสีน้ำตาลเข้ม โดยเคลือบแก้วชานอ้อยที่ได้จากการวิจัยนี้ไม่เหมาะจะนำมาเคลือบผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องใช้บนโต๊ะอาหารเนื่องจากเมื่อใช้งานเกิดการรานตัวเมื่อใช้งานได้

#### 5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท เกษตรไทยอินเตอร์เนชั่นแนล ซูการ์ คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) จังหวัดนครสวรรค์ ที่ให้ความอนุเคราะห์แก้วชานอ้อย และกรมวิทยาศาสตร์บริการที่สนับสนุนการวิจัย

## 6. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. *เคลือบเซรามิก*. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์, 2530.
- [2] ลดา พันธุ์สุขุมธนา. *เคลือบซีเมนต์ : เอกสารประกอบการฝึกอบรมวันที่ 27-28 มีนาคม 2547 ณ ศูนย์ศิลปาชีพบ้านกุดนาขาม จ.สกลนคร*. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2547.
- [3] สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. *รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2553-2554* [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 23 สิงหาคม 2555]. เข้าถึงจาก: <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-5062.pdf>
- [4] CORDEIRO, G.C., et al. Influence of mechanical grind on the pozzolanic activity of residual sugarcane bagasse ash. *Proceedings of the international conference on use of recycled materials in building and structure*. Barcelona, 2004, pp. 342.
- [5] ROGERS, P. *Ash Glazes*, 2nd ed. London : A&C Black Publishing, 2003.
- [6] CORDEIRO, G.C., et al., Ultrafine grinding of sugar cane bagasse ash for application as pozzolanic admixture in concrete, *Cement and Concrete Research*. 2009, 39, 110-115.
- [7] รัฐพล สมณา และ ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. การใช้เถ้าชานอ้อยบดละเอียดเพื่อปรับปรุงกำลังอัด การซึมผ่านน้ำ และความต้านทานคลอไรด์ของคอนกรีตที่ผสมมวลรวมหยาบจากการย่อยเศษคอนกรีตเก่า, *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.*, ต.ค.-ธ.ค. 2554, 34(4), 369-381.
- [8] ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. การใช้เถ้าชานอ้อยเพื่อเป็นวัสดุปอซโซลานในงานคอนกรีต, *วารสารคอนกรีต*, ส.ค. 2555, (16), 1-11.
- [9] ศุภกา ปาลเปรม, *เซลาดอน* [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 2 ตุลาคม 2555]. เข้าถึงจาก: [http://designinnovathai.com/\\_file/files/Celadon.pdf](http://designinnovathai.com/_file/files/Celadon.pdf)
- [10] ภาณุเทพ สุวรรณรัตน์ และคณะ. การทดลองเคลือบซีเมนต์จากอัตราส่วนผสมซีเมนต์ไม่มะม่วง หินฟันม้า และดินเหนียวท้องถิ่น เพื่อเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์, *วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา*, ม.ค.-มิ.ย. 2550, 1(1) , 45-52.
- [11] สนิท ปิ่นสกุล. การใช้ซีเมนต์แกลบเป็นวัสดุแทนควอทซ์ในกระบวนการผลิตเซรามิกส์, *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*, 2554, 7(14), 56-65.
- [12] ISSENBERG, M., *Spraying wood ash glazes*. *Ceramic art daily* [online]. [viewed 7 October 2012]. Available from: [http://www.ceramicartdaily.net/booksales/Glazes\\_PreWoodAsh.pdf](http://www.ceramicartdaily.net/booksales/Glazes_PreWoodAsh.pdf)
- [13] วรณา ต.แสงจันทร์ และ ลดา พันธุ์สุขุมธนา. *เคลือบเซรามิก : เอกสารประกอบการอบรม* [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 3 พฤษภาคม 2555]. เข้าถึงจาก: [http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss\\_manual/M008.pdf](http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_manual/M008.pdf)

